

EFEITO DE NÍVEIS CRESCENTES DE CALAGEM, MANGANÊS, MAGNÉSIO E BORO NA SIMBIOSE E DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO DO *Stylosanthes guyanensis*¹

MILTON ALEXANDRE T. VARGAS² e JOHANNA DÖBEREINER³

SINOPSE.— Foram feitos quatro experimentos em casa de vegetação com um solo podzólico vermelho-amarelo, para se estudar os efeitos negativos da calagem na produção de matéria seca do *Stylosanthes guyanensis* Mohlenbrok, e a possível eliminação destes efeitos com a adição de B, Mn ou Mg. Foram testados cinco níveis de cada um destes elementos com cinco níveis de calagem que elevou o pH do solo de 4,8 até 6,5 aproximadamente.

Nenhum dos elementos testados eliminou completamente o efeito deletério da calagem, mas o manganês e o boro conseguiram aliviá-lo até certo ponto. Em plantas mais novas (até 50 dias) a calagem reduziu a nodulação e produção de forragem à metade quando o pH foi elevado a 6,8. Plantas colhidas mais tarde (após 70 dias) recuperaram-se parcialmente, ocorrendo uma diminuição de apenas 30% enquanto que a nodulação e fixação de N₂ aumentaram com a calagem, atingindo valores máximos no pH 6,2. Estes resultados indicam a importância de se estudar separadamente a nutrição da planta em si e a da simbiose para elucidar problemas como o presente.

Palavras chaves adicionais para índice: Elementos menores na simbiose das leguminosas, calagem — efeitos negativos em leguminosas tropicais.

INTRODUÇÃO

É sobejamente conhecida a importância das leguminosas na alimentação animal e humana, sendo entretanto relativamente escassos os trabalhos sobre seus problemas nutricionais, principalmente no que concerne a leguminosas tropicais. Ao contrário das leguminosas de clima temperado, as tropicais geralmente são bem adaptadas a solos ácidos, sendo problemática sua resposta à elevação do pH pela adição de calcário. Andrew e Norris (1961), comparando a resposta de nove leguminosas, cinco tropicais e quatro de clima temperado, à aplicação de calcário, concluíram que as espécies tropicais apresentavam habilidade superior para nodular em níveis mais baixos de cálcio no solo.

Dentre as leguminosas tropicais, a não resposta do *Stylosanthes guyanensis* à calagem, apresentando produções máximas a níveis de pH bem mais baixos do que as demais leguminosas, é particularmente notável (Carvalho *et al.* 1971). Jones e Freitas (1969) observaram diferentes necessidades de calcário em algumas leguminosas, tendo a *Centrosema pubescens*, *Glycine wightii* e *Phaseolus atropurpureus* apresentado produções mais altas em pH mais elevados (6,5) ao passo que o *Stylosanthes guyanensis* atingiu produções máximas em solo com pH 5,3, havendo grande decréscimo em sua produção quando este foi elevado para 6,5. A calagem pa-

rece não ter afetado os níveis de Cu e B determinados na parte aérea, mas reduziu significativamente os de Fe, Zn e, especialmente, Mn, sendo esse decréscimo particularmente acentuado no *Stylosanthes guyanensis*.

A toxidez de manganês é freqüentemente associada a solos ácidos, podendo o nutriente atingir a níveis tóxicos num solo de pH muito baixo. Segundo Freitas (1970), o *Stylosanthes guyanensis* é uma das leguminosas mais resistentes à toxidez pelo excesso de manganês, levantando este autor a hipótese de uma baixa capacidade de absorção deste elemento por essa leguminosa, sendo esta pequena capacidade levada ao grau de deficiência pela elevação do pH, em solos em que outras plantas podem até sofrer da toxidez do manganês.

Andrew (1962) chama a atenção para a caracterização das leguminosas tropicais quanto à nutrição de boro, principalmente quando se trabalha com calcário. O boro é um elemento essencial na formação de nódulos (Brenchley & Thorton 1952, Malcher 1948) e segundo Brenchley e Thorton (1952), é mais importante para a fixação simbiótica que para a planta hospedeira. Ruschel *et al.* (1966) observaram que o boro influi na nodulação e desenvolvimento de *Phaseolus vulgaris* quando na presença da calagem.

Segundo Longeri e Allen (1968), nem a nodulação nem a fixação parecem apresentar exigências especiais de cálcio e magnésio, sendo que o maior número de nódulos, maior produção de tecido nodular e conseqüentemente maior fixação observada nas plantas que receberam os dois elementos em níveis adequados, foram um resultado do melhoramento geral do crescimento das plantas; Ruschel *et al.* (1966) observaram que o Mg aumentou o número de nódulos do feijoeiro.

¹ Aceito para publicação em 18 de dezembro de 1973.

² Aluno do Curso de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e bolsista de Iniciação Científica do Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq 456/71).

³ Eng.º Agrônomo, Pesquisador em Agricultura da Seção de Solos do Instituto de Pesquisas Agropecuárias do Centro-Sul (IPEACS), Km 47, Rio de Janeiro, GB, ZC-26, e Pesquisador Conferencista do CNPq.

No presente trabalho, conduzido no Instituto de Pesquisas Agropecuárias do Centro-Sul (IPEACS), em Itaguaí, RJ, tentou-se esclarecer as causas dos efeitos negativos da calagem no desenvolvimento do *S. guyanensis*, uma vez que, principalmente em rotação com outras culturas, uma calagem é necessária para eliminar a toxicidade de alumínio e manganês e aumentar a disponibilidade de fósforo no solo.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram feitos quatro experimentos em casa de vegetação com *Stylosanthes guyanensis* Mohlenbrok, cultivar IRI-1022, com níveis crescentes de calagem, Mn, B e Mg, com o intuito de pesquisar a possibilidade de se eliminarem os efeitos negativos da calagem. Utilizou-se um solo podzólico vermelho-amarelo proveniente da Estação Experimental de Santa Mônica (Juparanã, RJ), do IPEACS.

vel 4 de Mn, em vez do nível 1 como consta num esquema box + extremos. Posteriormente foi repetido este experimento com esse tratamento corrigido (Exp. II).

Os cinco níveis de Mn foram obtidos pela aplicação, por vaso de 1,7 kg de solo, de 0, 5, 10, 15 e 20 ml de uma solução que continha 1,224 g de $MnCl_2 \cdot 4H_2O/l$.

Pela análise química do solo (Quadro 1), observou-se uma concentração de P igual a 1 ppm (nível baixo) e de K igual a 48 ppm (nível médio-alto). Fez-se a correção através da adição de 8,5 ml por vaso de solução contendo 35 g de KH_2PO_4/l , o que correspondeu a 55 ppm de P e 69,5 ppm de K.

A adubação de micronutrientes e Mg foi feita na base de:

3,8 ppm de Cu ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$),
2,9 ppm de Zn ($ZnSO_4 \cdot 2H_2O$),
0,14 ppm de Mo ($Na_2MoO_4 \cdot 7H_2O$),
4 ppm de Fe ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$),
14,8 ppm de Mg ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$), e
1 ppm de B (H_2BO_3).

QUADRO 1. Resultados das análises químicas dos solos *

Experimentos	Procedência dos solos	Fósforo		Potássio		Ca + Mg (mE/100 cm ³)	Alumínio (mE/100 cm ³)	pH
		Teor (ppm)	Nível	Teor (ppm)	Nível			
I	Santa Mônica	1	baixo	48	Médio-alto	1,6	0,3	4,5
II	»	1	»	88	»	2,9	0,2	5,3
III	»	1	»	32	baixo	3,0	0,1	5,2
IV	»	0	»	108	Médio-alto	3,5	0,1	5,0

* Análises feitas na Seção de Solos do IPEACS, de acordo com o Plano Nacional de Análise Rápida do Solo (PNARS).

Experimento I

Neste experimento, tentou-se compensar os efeitos negativos da calagem com níveis crescentes de Mn.

O esquema experimental foi planejado como um delineamento central composto (box + extremos), derivado do fatorial completo 5², sorteado em blocos ao acaso com três repetições e os seguintes tratamentos:

Tratamentos	Níveis de Mn	Doses de Mn (kg/ha)	Níveis de calagem	Doses de $CaCO_3$ (kg/ha)	pH inicial
A	0	0	0	0	4,5;
B	2	4	0	0	4,5;
C	4	8	0	0	4,5;
D	4	8	1	380	5,0;
E	3	6	1	380	5,0;
F	0	0	2	940	5,5;
G	2	4	2	940	5,5;
H	4	8	2	940	5,5;
I	1	2	3	1.680	6,0;
J	3	6	3	1.680	6,0;
L	0	0	4	3.080	6,5;
M	2	4	4	3.080	6,5;
N	4	8	4	3.080	6,5.

Entretanto, em virtude de um erro no planejamento deste experimento, no tratamento D foi colocado o ní-

A dose de B usada rotineiramente era de 0,17 ppm, mas esta fórmula básica de micronutrientes não vinha dando bons resultados com o *S. guyanensis*, principalmente nas primeiras semanas do seu ciclo, quando todas as plantas apresentavam clorose generalizada e necrose no ápice dos folíolos. Com base num experimento anterior de níveis crescentes de calagem/boro, levantou-se a hipótese de ser esse efeito um sintoma de carência de B; entretanto, em observações visuais, constatou-se a repetição dos mesmos sintomas neste experimento.

O plantio foi realizado em 5.6.71, utilizando-se sementes escarificadas com ácido sulfúrico concentrado; as sementes foram inoculadas com cultura semilíquida (2 ml/de cultura de sete dias/pote), com as estirpes S-5 e II-8 de *Rhizobium* sp. do Setor de Solos do IPEACS; e 14 dias após o plantio foi feito o desbaste, deixando-se cinco plantas por vaso.

A colheita foi efetuada em 22.7.71, sendo as plantas retiradas dos vasos com o sistema radicular intacto e lavadas sobre uma peneira. Os nódulos foram destacados e secados a 65°C, determinando-se seu peso e seu número. Após secagem das plantas sem os nódulos a 65°C, foi computado seu peso e determinado seu teor de N pelo método de Kjeldahl (semimicro com HgO como catalisador).

Experimento II

Este experimento foi a repetição do Experimento I com o esquema estatístico corrigido, sendo sorteado em blocos ao acaso com quatro repetições e os seguintes tratamentos:

Tratamentos	Níveis de Mn	Doses de Mn (kg/ha)	Níveis de calagem	Doses de CaCO ₃ (kg/ha)	pH inicial
A	0	0	0	0	5,3;
B	2	4	0	0	5,3;
C	4	8	0	0	5,3;
D	1	2	1	200	5,6;
E	3	6	1	200	5,6;
F	0	0	2	460	5,9;
G	2	4	2	460	5,9;
H	4	8	2	460	5,9;
I	1	2	3	800	6,2;
J	3	6	3	800	6,2;
L	0	0	4	1.600	6,6;
M	2	4	4	1.600	6,6;
N	4	8	4	1.600	6,6.

Foram incluídos neste experimento dois tratamentos adicionais, constituídos de duas fórmulas Br-10 e Br-15 de micronutrientes na forma de FTE ("fritted trace elements"), sendo colocado o nível 1 de CaCO₃ para ambos.

Os cinco níveis de Mn foram obtidos pela aplicação, por vaso de 1,8 kg de solo, de 0, 5, 10, 15 e 20 ml de uma solução que continha 1,296 g de MnCl₂.4H₂O/l.

Nos tratamentos adicionais, aplicaram-se 54 mg de FTE por vaso. Sua composição em elementos menores é a seguinte:

BR-10		BR-15	
B ₂ O ₃	9,00%;	B ₂ O ₃	9,00%;
MnO ₂	16,00%;	CuO	1,00%;
Fe ₂ O ₃	7,00%;	ZnO	10,00%;
CuO	1,20%;	MoO ₃	0,20%.
ZnO	8,50%;		
MoO ₃	0,20%;		
CoO	0,20%;		

A adubação de macronutrientes foi feita do mesmo modo que no experimento anterior e a aplicação de elementos menores foi feita em todos os tratamentos, com exceção dos adicionais, da mesma maneira que no experimento anterior, apenas modificando o nível de B, que foi aplicado na base de 2 ppm de B (H₃BO₃), modificação levada a efeito visando eliminar o problema levantado anteriormente; entretanto, também não foram obtidos resultados satisfatórios, pois as plantas voltaram a apresentar sintomas de clorose generalizada e necrose no ápice dos folíolos em todos os tratamentos, com exceção dos adicionais.

O plantio foi efetuado em 18.9.71, sendo utilizadas sementes escarificadas com ácido sulfúrico concentrado e inoculadas com inoculantes de turfa contendo as estirpes S-5 e II-8 do Setor de Solos do IPEACS; e 26 dias após o plantio, fez-se o desbaste, deixando-se cinco plantas por vaso.

A colheita foi feita em 26.11.71, de maneira semelhante à do experimento anterior, com exceção da determinação do pH do solo.

Experimento III

Neste experimento objetivou-se estudar os efeitos do Mg quando em presença da calagem, no *S. guyanensis*.

O esquema experimental foi planejado como um delineamento central composto (box + extremos), derivado do fatorial 5², sorteado em blocos ao acaso com quatro repetições e os seguintes tratamentos:

Tratamentos	Níveis de Mg	Doses de MgCO ₃ (kg/ha)	Níveis de calagem	Doses de CaCO ₃ (kg/ha)
A	0	0	0	0;
B	2	534	0	0;
C	4	1.600	0	0;
D	1	400	1	800;
E	3	800	1	800;
F	0	0	2	1.067;
G	2	534	2	1.067;
H	4	1.600	2	1.067;
I	1	400	3	1.600;
J	3	800	3	1.600;
L	0	0	4	3.200;
M	2	534	4	3.200;
N	4	1.600	4	3.200.

Entretanto, em virtude de um erro de planejamento deste experimento, as doses de MgCO₃ e CaCO₃ não seguiram uma progressão aritmética, tendo a análise estatística de ser feita no delineamento de blocos ao acaso simples.

A dose máxima de calagem foi determinada a partir da curva de neutralização do solo, no pH 6,5, e correspondeu a 3,2 t de CaCO₃/ha. As demais doses foram a metade, terça parte e quarta parte da dose máxima.

As doses de carbonato de magnésio também foram determinadas a partir do nível 4 de calagem, correspondendo os níveis 4, 3, 2 e 1 de MgCO₃, respectivamente, à metade, quarta parte, sexta parte e oitava parte do nível 4 de calagem.

A correção da fertilidade do solo foi executada da mesma maneira que nos experimentos anteriores, com exceção do Mg⁺⁺, que não foi adicionado, do B, que foi adicionado na base de 0,17 ppm de B (H₃BO₃), que é a dose rotineiramente utilizada, e, com base no Experimento I, do Mn, adicionado na dose de 4 ppm de Mn (MnCl₂.4H₂O).

O plantio foi realizado em 21.10.71 e, 24 dias após, fez-se o desbaste para cinco plantas por vaso.

A colheita, em 11.12.71, foi efetuada da maneira descrita no Experimento I.

Experimento IV

Com este experimento tentou-se esclarecer os efeitos negativos da calagem no *S. guyanensis*, por um desequilíbrio Ca/B no solo, provocado pela calagem. O experimento foi conduzido em condições semelhantes às dos experimentos anteriores.

O delineamento experimental foi o mesmo do experimento anterior, e os tratamentos foram os seguintes:

Tratamentos	Níveis de B	Doses de B (kg/ha)	Níveis de calagem	Doses de CaCO_3 (kg/ha)	pH inicial
A	0	0	0	0	5,0;
B	2	4	0	0	5,0;
C	4	8	0	0	5,0;
D	1	2	1	400	5,4;
E	3	6	1	400	5,4;
F	0	0	2	720	5,8;
G	2	4	2	720	5,8;
H	4	8	2	720	5,8;
I	1	2	3	1.600	6,2;
J	3	6	3	1.600	6,2;
L	0	0	4	5.120	6,6;
M	2	4	4	5.120	6,6;
N	4	8	4	5.120	6,6;

Os cinco níveis de B foram obtidos pela aplicação, por vaso de 2,0 kg de solo, de 0, 5, 10, 15 e 20 ml de uma solução que continha 2,256 g de $\text{H}_2\text{BO}_3/\text{l}$.

QUADRO 2. Efeito dos níveis de cálcio e manganês na nodulação, simbiose e desenvolvimento vegetativo do *S. guyanensis*. Dados por vasos com cinco plantas, em média de três repetições (Exp. I)

Níveis de Mn	Níveis de calagem	pH inicial ^a	pH final ^b	CaCO (kg/ha ³)	Nódulos		Plantas		
					Número	Peso seco (mg)	Peso seco (g)	N%	N total
0	0	4,5	4,9	0	215	37	1,90	2,07	39
2	0	4,5	4,8	0	198	29	1,95	2,12	42
4	0	5,0	4,9	0	197	32	1,85	1,75	33
4	1	5,0	5,3	380	201	23	1,55	1,83	29
3	1	5,5	5,1	380	198	25	1,90	1,68	31
0	2	5,5	5,4	940	216	28	1,80	1,85	33
2	2	5,5	5,3	940	201	29	1,95	2,36	46
4	2	6,0	5,2	940	216	30	2,25	1,98	45
1	3	6,0	5,8	1680	171	40	1,95	2,13	42
3	3	6,0	5,9	1680	181	28	2,25	2,01	45
0	4	6,5	6,6	3080	141	16	1,10	2,04	23
2	4	6,5	6,6	3080	133	18	1,60	1,90	30
4	4	6,5	6,3	3080	203	36	2,20	2,05	46

^a pH do solo no início do experimento.

^b pH do solo, determinado na colheita.

A correção da fertilidade do solo foi feita como a descrita no experimento anterior, com exceção do B, e a adição de 14,8 ppm de Mg ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$).

O plantio foi feito em 18.12.71 e a colheita em 28.2.72, do mesmo modo que no experimento anterior.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Experimento I, como já foi dito, teve um erro no planejamento e portanto não pôde ser analisado como delineamento central composto, não mostrando assim diferenças significativas. Resolveu-se, mesmo assim, apresentá-lo (Quadro 2), uma vez que sugere uma resposta ao manganês, principalmente nos níveis mais altos de

calagem, quando a aplicação de 8 kg de Mn/ha em forma de sulfato duplicou o peso dos nódulos, o nitrogênio total e a produção de forragem do *Stylosanthes guyanensis*. Este efeito pronunciado do manganês no solo podzólico vermelho-amarelo, que representa uma unidade de grande importância nos pastos de morro da região, foi confirmado em trabalhos recentes com outras leguminosas forrageiras (De-Polli & Döbereiner 1974), mesmo na ausência da calagem, e parece contrastar com a toxidez deste elemento encontrada nos solos Gray hidromórficos (série Ecologia) que ocorrem nas baixadas freqüentemente associadas a morros com o solo acima (Döbereiner & Alvahydo 1963).

Todavia, mesmo com a aplicação de dose máxima de manganês, a calagem não chegou a aumentar a produção do *Stylosanthes* neste solo cujo pH natural foi 4,5, não parecendo portanto a indução de deficiência de manganês ser a causa única dos efeitos deletérios da calagem, como sugerido por Jones e Freitas (1969).

No Experimento II, que visava repetir o primeiro com o esquema estatístico corrigido, mas no qual as plantas chegaram a um desenvolvimento três a quatro

vezes maior devido à época quente e idade mais avançada (69 dias), o efeito inicialmente aparente do manganês não foi significativo (Quadros 3 e 4). O efeito negativo da calagem na produção de forragem se confirmou, mas a nodulação e fixação de N_2 foram estimuladas pela calagem (Quadro 4), sendo o efeito no número de nódulos linear, e no seu peso e na percentagem de N das plantas curvilíneo (efeito quadrático), com ligeiro decréscimo inicial e aumento acima do pH 5,5 e 5,7 respectivamente (mínimos calculados através de derivação da curva de regressão). O nitrogênio total das plantas, que é o produto do peso pelo teor de N, conseqüentemente não mostrou efeitos significativos em nenhum dos tratamentos. Estas observações sugerem a ne-

cessidade de um melhor estudo da nutrição da planta em si e da simbiose leguminosa-*Rhizobium*, uma vez que houve exigências distintas de ambas; enquanto que a calagem prejudicou o desenvolvimento das plantas através de efeitos ainda não bem compreendidos, a nodulação e fixação de nitrogênio dependiam da mesma. Andrew e Norris (1961) observaram uma maior capacidade de extrair cálcio nas leguminosas tropicais, o que as torna mais tolerantes a solos ácidos; mas um melhor entendimento da interação calagem x micronutrientes na planta e na simbiose parece essencial para se tentar elevar o teor de proteínas da forragem sem decréscimo em sua produção.

O Experimento III também não pôde ser analisado na forma de central composto, mas neste o efeito negativo da calagem foi tão pronunciado que a análise simples como blocos ao acaso mostrou efeito significativo para todas as observações (Quadros 5 e 6).

Como no Experimento I, onde as plantas já foram colhidas após 51 dias, houve efeito negativo e altamente significativo da calagem, que reduziu a nodulação e produção de forragem a menos da metade. Neste estágio das plantas, este efeito tão pronunciado em seu desenvolvimento possivelmente ainda mascarou o efeito da calagem sobre a simbiose.

QUADRO 3. Efeito dos níveis de cálcio e manganês na nodulação, simbiose e desenvolvimento vegetativo do *S. guyanensis*. Dados por vasos com cinco plantas, em média de quatro repetições (Exp. II)

Níveis de Mn	Níveis de calagem	pH*	CaCO (kg/ha ²)	Nódulos		Plantas		
				Número	Peso seco (mg)	Peso seco (g)	N%	N total (mg)
0	0	5,3	0	504	57	7,20	1,84	137
2	0	5,3	0	537	71	6,95	1,76	123
4	0	5,3	0	501	64	7,10	1,73	122
1	1	5,0	200	483	52	7,10	1,75	124
3	1	5,0	200	658	66	6,95	1,70	118
0	2	5,9	460	542	72	6,90	1,67	115
2	2	5,9	460	637	62	7,60	1,71	130
4	2	5,9	460	572	66	6,45	1,84	120
1	3	6,2	800	548	77	6,45	1,78	115
3	3	6,2	800	553	58	6,40	1,88	120
0	4	6,6	1600	718	85	7,00	1,92	134
2	4	6,6	1600	691	86	6,40	1,87	120
4	4	6,6	1600	761	90	6,10	2,04	125
BR-10		5,6	200	566	60	7,40	2,59	135
BR-15		5,6	200	595	65	5,40	2,05	153

* pH do solo no início do experimento.

QUADRO 4. Análise de variância dos dados apresentados no Quadro 3 (valores F)

Fontes de variação	G.L.	Nódulos*		Plantas		
		Número (+)	Peso seco (+)	Peso seco (-)	N% (+)	N total (-)
Tratamento	12	2,04*	2,77*	1,34	2,04*	—
Regressões	5	3,13*	4,48*	1,94	3,60**	—
Mn (linear)	1	—	—	2,56	1,16	—
Mn (quadrático)	1	—	—	—	1,21	—
pH (linear)	1	13,40**	15,96**	5,86*	6,56*	—
pH (quadrático)	1	1,34	5,58*	—	6,01*	1,13
Mn pH	1	—	—	1,00	3,31	—
Falta de ajustamento	7	1,26	1,55	—	—	—
C.V.		10%	11%	10%	8%	14%

* Valores transformados para $\sqrt{x+1}$ para análise.

(+) Efeito benéfico da calagem, aumentando a produção.

(-) Diminuição da produtividade com o aumento dos níveis de calagem.

QUADRO 5. Efeito dos níveis de cálcio e magnésio na nodulação, simbiose e desenvolvimento vegetativo do *S. guyanensis*. Dados por vasos com cinco plantas, em média de quatro repetições (Exp. III)

Níveis de Mg	Níveis de calagem	CaCO (kg/ha ²)	pH ^a	Nódulos		Plantas		
				Número	Peso seco (mg)	Peso seco (g)	N%	N total (mg)
0	0	0	4,8	279	50	3,15	2,04	68
2	0	0	5,3	332	49	2,80	2,22	62
4	0	0	5,9	301	53	3,20	2,28	73
1	1	800	5,4	316	64	3,40	2,33	80
3	1	800	5,8	302	49	3,00	2,29	69
0	2	1067	5,8	288	42	2,90	2,26	65
2	2	1067	6,3	275	47	2,75	2,31	64
4	2	1067	6,4	210	35	2,25	1,92	43
1	3	1600	6,0	233	38	2,65	2,18	58
3	3	1600	6,2	313	48	2,60	2,30	59
0	4	3200	6,4	214	32	2,25	1,97	44
2	4	3200	6,8	130	26	1,80	1,90	34
4	4	3200	6,9	104	20	1,70	1,97	33

^a pH do solo, determinado na colheita.

QUADRO 6. Análise de variância dos dados apresentados no Quadro 5 (valores F)

Fontes de variação	G.L.	Nódulos ^a		Plantas		
		Número	Peso seco	Peso seco	N%	N total
Tratamentos	12	3,74**	2,22*	3,62**	2,96**	4,43**
C.V.	—	16%	19%	20%	8%	23%

^a Valores transformados para $\sqrt{x + 1}$ para análise.

QUADRO 7. Efeito dos níveis de cálcio e boro na nodulação, simbiose e desenvolvimento vegetativo do *S. guyanensis*. Dados por potes com oito plantas, em média de quatro repetições (Exp. IV)

Tratamentos		CaCO (kg/ha ²)	pH inicial ^a	pH final ^b	Nódulos		Plantas		
Níveis de B	Níveis de calagem				Peso seco médio ^c (mg)	Peso seco (mg)	Peso seco (g)	N%	N total (mg)
0	0	0	5,0	4,7	77	101	18,2	2,30	425
2	0	0	5,0	4,6	99	53	14,0	1,81	254
4	0	0	5,0	4,8	88	93	15,1	2,32	350
1	1	400	5,4	4,8	95	110	18,6	2,26	422
3	1	400	5,4	4,8	87	120	15,2	2,51	383
0	2	720	5,8	4,8	107	118	17,2	2,07	359
2	2	720	5,8	5,1	128	107	16,4	2,25	370
4	2	720	5,8	4,8	73	104	16,6	2,35	390
1	3	1600	6,2	5,1	104	140	18,7	2,12	396
3	3	1600	6,2	5,3	100	139	17,4	2,27	396
0	4	5120	6,6	7,2	132	117	11,1	2,29	269
2	4	5120	6,6	7,1	161	136	14,1	2,59	366
4	4	5120	6,6	7,2	162	125	13,6	2,31	318

^a pH do solo no início do experimento.

^b pH do solo determinado na colheita.

^c Peso seco médio de 1 nódulo $\times 10^{-2}$.

No Experimento IV tentou-se compensar os efeitos da calagem com a adição de boro. Os resultados e análise são apresentados nos Quadros 7 e 8. Foi o único experimento em que a interação foi significativa, aparentemente demonstrando toxidez de boro nas doses baixas de calagem, enquanto que nas mais altas o boro aumentou o desenvolvimento das plantas. Este efeito do boro não se notou na nodulação e foi significativo no N total, provavelmente apenas como consequência dos efeitos sobre o desenvolvimento das plantas. Já o efeito linear da calagem foi altamente significativo no tamanho e peso dos nódulos e no peso das plantas, enquanto que houve efeito quadrático no peso e N total das plantas. Como no experimento II, no qual as plantas também atingiram desenvolvimento maior, notam-se efeitos opostos sobre a planta e sobre a simbiose. O desenvolvimento das plantas foi pouco afetado até ser atingido o pH 6,0, que foi o valor que apresentou a máxima produção, mas acima deste nível a produção caiu. Já o tamanho (peso médio) dos nódulos aumentou linearmente com a calagem, e o seu peso total também aumentou mas apenas até o pH 6,2, valor máximo calculado. O nitrogênio total das plantas, que depende tanto do desenvolvimento das mesmas como da fixação do N_2 pela simbiose, da mesma forma que no Experimento II apresentou efeito quadrático, com aumento de fixação de nitrogênio até o pH 6,0 (máximo), seguido por decréscimo acima deste ponto.

a nodulação e fixação de nitrogênio aumentaram até o pH 6,2 e 6,0 respectivamente.

Nos estudos da nutrição de leguminosas tropicais é imprescindível considerar-se separadamente efeitos sobre a planta em si e sobre a simbiose, pois estes podem ser opostos.

REFERÊNCIAS

- Andrew, C.S. 1962. Influence of nutrition on nitrogen fixation and growth of legumes, p. 130-146. In A review of nitrogen in the tropics with particular reference to pastures. Bull. 46, Commonw. Bur. Field Crops, Hurley, Berks., England.
- Andrew, C.S. & Norris, D.O. 1961. Comparative responses to calcium of five tropical and four temperate pasture legumes species. Aust. J. agric. Res. 12:40-50.
- Brenchley, W.E. & Thornton, H.G. 1952. Proc. Roy. Soc. (B) 98:373. (Citado por Hewitt 1958)
- Carvalho, M.N., França, G.E., Bahia Filho, A.F.C. & Mozzer, O. L. 1971. Ensaio exploratório de fertilização de seis leguminosas tropicais em um latosol vermelho-escuro, fase cerrado. Pesq. agropec. bras., Sér. Agron., 6:285-290.
- De-Polli, H. & Döbereiner, J. 1974. Deficiência de micronutrientes em solo podzólico vermelho-amarelo e sua correção com "pellet" de FTE. Pesq. agropec. bras., Sér. Agron., 9:93-99.
- Döbereiner, J. & Alvahydo, R. 1963. Toxidez de manganês de solos da série Ecologia. IX Congr. Bras. Cienc. Solos, Fortaleza, Ceará.
- Freitas, L.M.M.de 1970. Aducação de leguminosas tropicais. Anais Sem. Metodologia e Planejamento Pesq. Leg. Tropicais, Inst. Pesq. Agropec. Centro-Sul, Rio de Janeiro, p. 193-210.

QUADRO 8. Análise de variância dos dados apresentados no Quadro 7 (valores F)

Fontes de variação	G.L.	Nódulos*		Plantas		
		Peso médio (+)	Peso seco (+)	Peso seco (-)	N% (+)	N total (-)
Tratamentos	12	2,85*	5,29**	6,78**	2,50*	3,17**
Regressões	5	5,42**	7,07**	10,80**	1,35	3,10
B (linear)	1	—	—	1,97	3,02	—
pH (linear)	1	22,18**	31,57**	9,27**	3,58	1,08
B (quadrático)	1	1,37	—	1,25	—	—
pH (quadrático)	1	2,78*	5,78*	31,12**	—	9,75**
BpH	1	—	—	10,66**	—	4,61*
Falta de ajustamento	7	1,01	3,58**	3,88**	3,33	3,23**
C.V.		15	9	10	10	16

* Valores transformados para $\sqrt{x+1}$ para análise.

(+) Efeito benéfico da calagem, aumentando a produção.

(-) Diminuição da produtividade com o aumento das doses de calagem.

CONCLUSÕES

Nenhum dos elementos pesquisados foi capaz de compensar totalmente os efeitos deletérios da calagem, que devem ter outras causas além da redução da disponibilidade de manganês e do aumento da necessidade de boro, causas estas ainda não esclarecidas.

O efeito da calagem parece ser mais pronunciado no início do ciclo (até 50 dias), quando reduziu para menos da metade a nodulação e produção de forragem do *Stylosanthes*, quando o pH foi elevado de 4,8 para 6,8. Em plantas maiores (70 dias), o efeito da calagem tornou-se menos severo, manifestando-se principalmente na produção de forragem e acima de pH 6,0, enquanto que

Hewitt, E.J. 1958. Some aspects of mineral nutrition of legumes. In Hallsworth, E.C. (ed.) Nutrition of legumes. Academic Press, New York.

Jones, M.B. & Freitas, L.M.M.de 1969. Resposta de quatro leguminosas tropicais a fósforo e cálcio, num latosolo vermelho-amarelo de campo de cerrado do Brasil Central. Pesq. agropec. bras. 5:91-99.

Longeri, L. & Allen, O.N. 1968. Efecto de calcio y magnesio en el crecimiento de *Rhizobium trifoli* y en la fijación de nitrogeno en simbiosis con *Trifolium pratense*. Anais IV Reun. Lat.-Am. Inoculantes, Porto Alegre, p. 35-39.

Mulder, E.R. 1948. Investigation on the nitrogen nutrition of peaplants. Pl. Soil 1:179-212.

Ruschel, A.P., Britto, D.P.P.de S. & Döbereiner, J. 1966. Fixação simbiótica de nitrogênio atmosférico em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). II. Influência do magnésio, do boro, do molibdênio e da calagem. Pesq. agropec. bras. 1:141-145.

ABSTRACT.- Vargas, M.A.T.; Döbereiner, J. [*The effect of increasing levels of lime, magnesium, manganese and boron on the growth and nitrogen fixation of Stylosanthes guyanensis*]. Efeito de níveis crescentes de calagem, manganês, magnésio e boro na simbiose e desenvolvimento vegetativo do *Stylosanthes guyanensis*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, Série Zootecnia* (1974) 9, 21-28 [Pt, en] IPEACS, Km 47, Rio de Janeiro, GB, ZC-26, Brazil.

Four greenhouse experiments were carried out to study the negative effect of liming found previously when tropical forage legumes, especially *Stylosanthes* are grown in a red yellow podzolic soil frequently occurring on the hill pastures of Rio de Janeiro State. Five levels each of magnesium, manganese and boron were studied with five levels of lime in incomplete factorial designs.

None of the elements completely eliminated the decreases in yield observed when the pH was increased from 4.8 to 6.5, however manganese and boron lessened the effect. In young plants (during the first 50 days) liming to pH 6.8 reduced both nodulation and yield by half. Older plants (after 70 days) were less sensitive and yield decreases were less than 30%. However nodulation and nitrogen fixation increased with liming up to pH 6.2. These conflicting results show the importance of separating the nutrition of plant growth and legume-Rhizobium symbiosis.

Additional index words: Minor element deficiencies on legume symbiosis, liming – negative effect on tropical legumes.